



## Process to improve the design of vehicle drive lines

**Patent number:** EP1120588  
**Publication date:** 2001-08-01  
**Inventor:** MUELLER ROBERT DR (DE); HENDRICKX HUB (NL);  
NIJHOF TONNIE (NL)  
**Applicant:** VOITH TURBO KG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** F16H61/02  
- **European:** F16H61/02E1M  
**Application number:** EP20000125337 20001130  
**Priority number(s):** DE20001002676 20000124

**Also published as:**

 EP1120588 (A3)  
 DE10002676 (A1)

**Cited documents:**

 US5483446  
 US5410477  
 US5754964  
 JP60093131

**Abstract of EP1120588**

The method involves determining time component usage per gear for a reference period or distance for a gear change schema, determining load sensor steps during the time components, associating speed ranges, producing a collective speed per gear depending on speed range frequencies, evaluating according to fuel usage, taking into account load transducer stages and recommending gear ratio change if fuel usage and/or ride dynamics are poor.

The method involves determining the component of time usage of each gear over a reference period or distance for a gear change schema, determining load sensor steps during the time components, associating the time components with speed ranges, producing a collective speed per gear depending on the frequency of the speed ranges, evaluating according to the fuel consumption, taking into account the load transducer stages, and making a recommendation to change gear ratio if the fuel consumption and/or the ride dynamics are poor.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

**(43) Veröffentlichungstag:**  
**01.08.2001 Patentblatt 2001/31**

**(51) Int Cl.7: F16H 61/02**

**(21) Anmeldenummer: 00125337.6**

**(22) Anmeldetag: 30.11.2000**

**(84) Benannte Vertragsstaaten:**  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU**  
**MC NL PT SE TR**  
**Benannte Erstreckungsstaaten:**  
**AL LT LV MK RO SI**

**(72) Erfinder:**

- **Müller, Robert, Dr.**  
**89407 Dillingen (DE)**
- **Hendrickx, Hub**  
**7391 MT Twello (NL)**
- **Nijhof, Tonnie**  
**7321 LE Apeldoorn (NL)**

(30) Priorität: 24.01.2000 DE 10002676

(71) Anmelder: Voith Turbo GmbH & Co. KG  
89522 Heidenheim (DE)

**(74) Vertreter: Dr. Weltzel & Partner  
Friedenstrasse 10  
89522 Heidenheim (DE)**

**(54) Verfahren zur Verbesserung der Auslegung von Antriebssträngen für Fahrzeuge**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Auslegung eines Antriebsstranges für Fahrzeuge, umfassend eine Antriebsmaschine, eine mit dieser koppelbare Getriebebaueinheit zur Realisierung wenigstens zweier unterschiedlicher Gangstufen und ein zweiseitiges Getriebebaueinheit und den anzutreibenden Rädern angeordnetes Achsgetriebe, wobei die Ansteuerung der Schaltelemente der Getriebebaueinheit zum Wechsel zwischen zwei Gangstufen unter Ausnutzung eines Schaltverfahrens zur Realisierung einer definierten Schaltkennlinie oder eines Schaltkennfeldes erfolgt, insbesondere für einen überwiegend genutzten Betriebszyklus, bei welchem für die Schaltvorgänge nach einem bestimmten Schaltverfahren

- der Zeitanteil der Nutzung einer jeden Gangstufe

über einen Referenzzeitraum oder eine Referenzstrecke für ein Schaltverfahren ermittelt wird;

- die Lastgeberstufen in den Zeitanteilen ermittelt werden;
- die Zeitanteile in den Gangstufen Geschwindigkeitsbereichen zugeordnet werden und aus der Zuordnung ein Geschwindigkeitskollektiv für jede Gangstufe in Abhängigkeit der Häufigkeit der Geschwindigkeitsbereiche erstellt wird;
- das Geschwindigkeitskollektiv hinsichtlich des erfolgten Kraftstoffverbrauches unter Berücksichtigung der Lastgeberstufen ausgewertet wird und
- bei einem für den Betriebszyklus ungünstigen Kraftstoffverbrauch und/oder einer schlechten Fahrtdynamik eine Empfehlung zur Änderung der Übersetzung der Achsgetriebeeinheit gegeben wird.

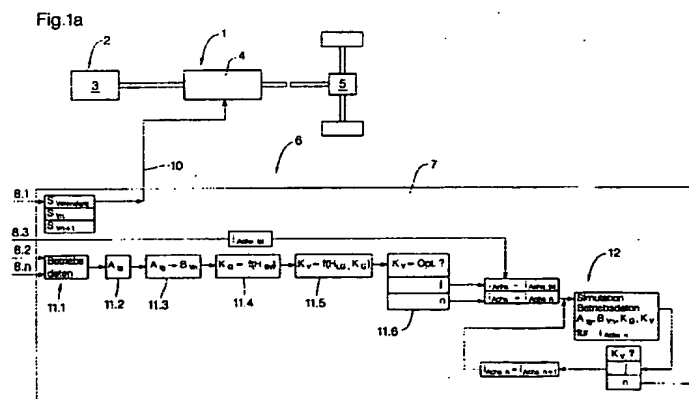
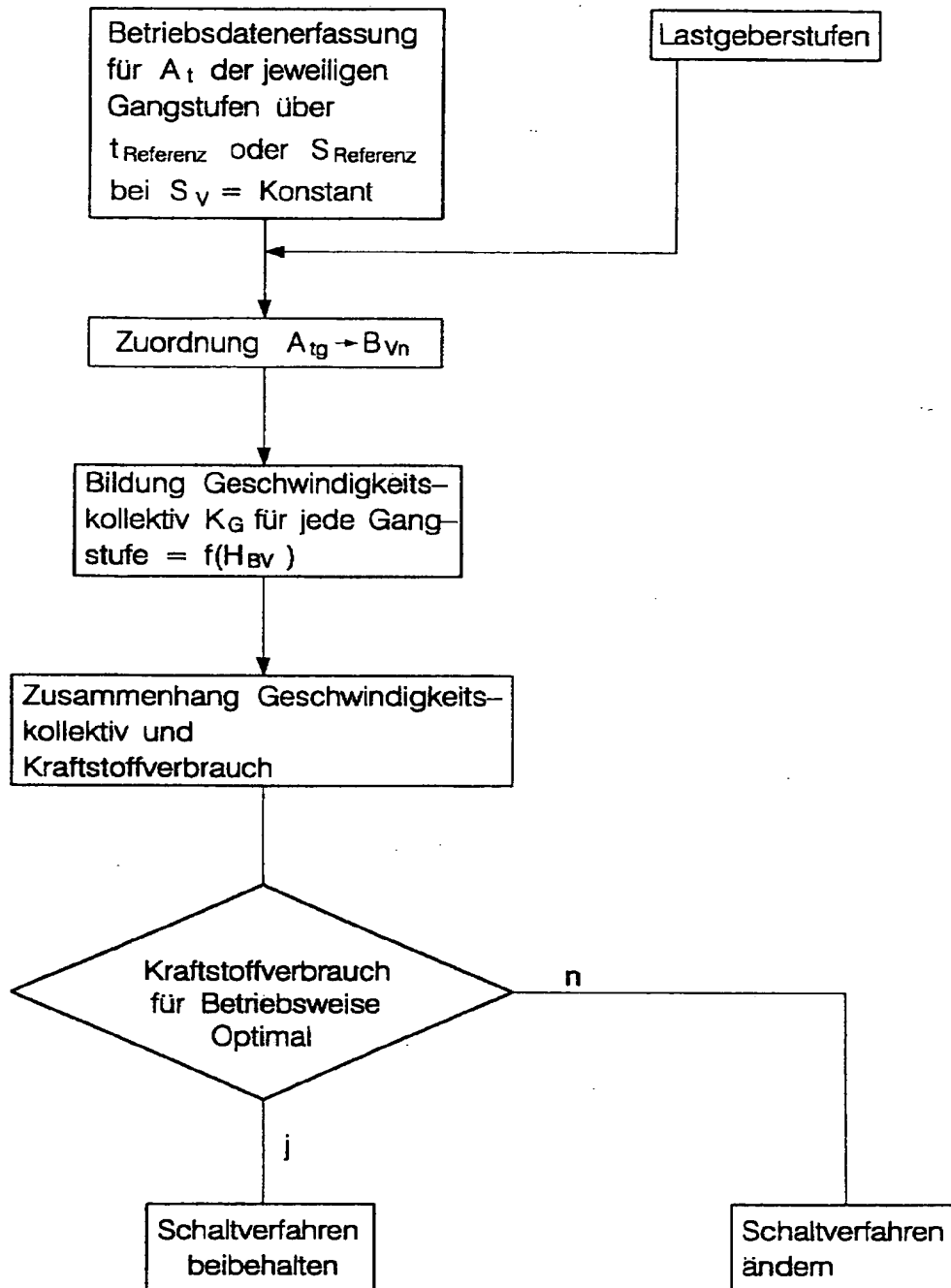


Fig.1b



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Auslegung von Antriebssträngen für Fahrzeuge, insbesondere für eine Betriebsweise in einem überwiegend genutzten Hauptbetriebsbereich, im einzelnen mit den Merkmalen aus dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Es ist bekannt, zur Optimierung von Antriebssträngen für Fahrzeuge während des Betriebes eines Fahrzeuges ermittelte Betriebsdaten als Basisdaten zu verwenden und anhand dieser extern, d.h. außerhalb des Fahrzeuges und nicht im Fahrbetrieb, eine Auswertung hinsichtlich der Eignung einzelner Komponenten des Antriebsstranges, insbesondere der Getriebebaueinheit oder des Achsgetriebes vorzunehmen. Stellvertretend wird dazu auf ein kundenorientiertes Betriebsauswertungssystem der Firma Voith verwiesen, bei welchem über einen bestimmten Referenzzeitraum Betriebsdaten jeweils zu den in diesem Zeitraum vom Fahrer per Gaspedal vorgebbaren Lastgeberstufen sowie getrennt davon die Zeitanteile für die einzelnen eingelegten Gangstufen erfaßt werden. Aus den sich daraus ergebenden Informationen, insbesondere den Zeitanteilen der einzelnen Gangstufen über den Referenzzeitraum, das heißt die Summe der Einzelzeiten der Einlegung einer bestimmten Gangstufe, wird vom Kundendienst oder dem Servicepersonal nach Auslesen dieser Daten aus einer der Getriebebaueinheit zugeordneten Steuervorrichtung oder einer anderen, im Fahrzeug vorgesehenen Steuervorrichtung, welche mit der Steuervorrichtung der Getriebebaueinheit gekoppelt ist, eine Aussage darüber getroffen werden, ob für den konkret vorliegenden Antriebsstrang die Achsübersetzung richtig gewählt ist oder nicht beziehungsweise ob der Kraftstoffverbrauch auf ein optimales Übertragungsverhalten hindeutet. Je nach Ergebnis wird von der Person, welche die Auswertung vornimmt, eine Entscheidung darüber getroffen, in welcher Richtung eine Veränderung der Achsübersetzung erforderlich ist und wie sich die Zeitanteile hinsichtlich der einzelnen Gangstufen in diesem Fall verschieben. So wird beispielsweise bei Erkennen einer geringen Ausnutzung eines höheren Ganges durch das Service-Personal über einen Referenzzeitraum dieses eine höhere Achsübersetzung vorschlagen, um den Zeitanteil für diesen im Referenzzeitraum wenig genutzten höheren Gang zu erhöhen. Das Auswertungsergebnis bezüglich der Änderung der Achsübersetzung führt entweder zum Austausch des Achsgetriebes im der Beurteilung zugrunde liegenden Antriebsstrang oder wird zur Auslegung von Antriebssträngen für ähnliche Anwendungszwecke, insbesondere bei Nachordern von Fahrzeugen vom gleichen Betreiber berücksichtigt.

[0003] Auf Basis der Zeitanteile in den Gängen ist nur eine qualitative Aussage bezüglich einer Änderung der Achsübersetzung möglich. Für eine gezielte Empfehlung der optimalen Achse ist statt dem Kollektiv "Zeit-

anteile in den Gängen" das Kollektiv "Zeitanteile in Geschwindigkeitsbereichen" erforderlich.

[0004] Ein wesentlicher Nachteil einer derartigen Auswertung besteht darin, daß der Kraftstoffverbrauch für eine Gangstufe unter Berücksichtigung der Lastgeberstufen nur für den gesamten Drehzahlbereich der Gangstufe ermittelt werden kann, so daß bei großen Drehzahlbereichen lediglich nur ein ungenauer Mittelwert zur Verfügung steht, der wenig aussagekräftig ist und keine hinreichende Aussage darüber erlaubt, wie sich eine Änderung der Achsübersetzung auf den Kraftstoffverbrauch in und auf das Fahrverhalten auswirken würde. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verbesserung der Auslegung von Antriebssträngen zu entwickeln, welches eine differenziertere Aussage bezüglich der Eignung des vorliegenden Antriebsstranges und einer Erhöhung der Qualität der Kraftstoffverbrauchsberechnung durch Mitteilung des Kraftstoffverbrauches nicht mehr über den gesamten Drehzahlbereich eines Ganges, sondern über Teilabschnitte erlaubt, wobei aus diesen Aussagen eine Empfehlung bezüglich der Auslegung der Achsübersetzung bildbar ist.

[0005] Die erfindungsgemäße Lösung ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 charakterisiert. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

[0006] Im nachfolgenden Text verwendete Bezeichnungen sind wie folgt erklärt:

a) Referenzzeit - fest vordefinierter bzw. vorgegebener oder frei wählbarer Beurteilungszeitraum  
Dieser kann dabei einer Gesamtnutzungsdauer entsprechen, welche

a1) durch die Summe der einzelnen Zeitintervalle des Betriebes des Fahrzeuges beschreibbar ist oder

a2) durch ein Zeitintervall unabhängig vom Betrieb des Fahrzeuges charakterisierbar ein, d. h. auch Stillstandszeiten umfaßt.

b) Referenzstrecke - fest vordefinierte bzw. vorgegebene oder frei wählbare Beurteilungsgesamstrecke

c) Zeitanteil - Dauer eines Zustandes bezogen auf einen bestimmten Betriebsbereich

c1) Zeitanteil je Gangstufe - Verweildauer in einer Gangstufe bzw. Gesamtnutzungsdauer einer Gangstufe in einem Referenzzeitraum oder über einen Referenzzeitraum

c2) Zeitanteil der Laststufe - Gesamtnutzungsdauer einer Laststufe über einen Referenzzeitraum oder eine Referenzstrecke

d) Geschwindigkeitsbereich - Fahrgeschwindigkeit

keitsbereich bestimmter Größe in einer Gangstufe  
e) Geschwindigkeitskollektiv - Verteilung der Häufigkeit der einzelnen Geschwindigkeitsbereiche in den Zeitanteilen der Gangstufen

[0007] Das Verfahren zur Optimierung eines Antriebsstranges für Fahrzeuge, umfassend eine Antriebsmaschine und eine Getriebebaueinheit beim Wechsel zwischen wenigstens zwei Gangstufen, insbesondere für einen überwiegend genutzten Anwendungsbereich, wobei die Ansteuerung der Schaltelemente der Getriebebaueinheit zum Wechsel zwischen zwei Gangstufen unter Ausnutzung eines Schaltverfahrens zur Realisierung einer definierten Schaltkennlinie oder innerhalb eines Schaltkennfeldes erfolgt, wird erfindungsgemäß dahingehend modifiziert, daß neben der Erfassung der Zeitanteile für die einzelnen Gangstufen eine Zuordnung der Zeitanteile einer jeden Gangstufe zu einzelnen Geschwindigkeitsbereichen vorgenommen wird und des weiteren eine Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeitsbereiche im Zeitanteil der jeweiligen Gangstufe gebildet wird. Dazu werden die, die Zeitanteile für die einzelnen Gangstufen wenigstens mittelbar charakterisierenden Größen erfaßt und desweiteren die für die Charakterisierung der Geschwindigkeitsbereiche in den Zeitanteilen erforderlichen Größen.

[0008] Aus der Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeitsbereiche in den Zeitanteilen einer Gangstufe wird ein Geschwindigkeitskollektiv ermittelt. In einem weiteren Verfahrensschritt wird dann das sich ergebende Geschwindigkeitskollektiv für alle Gangstufen hinsichtlich des Kraftstoffverbrauches ausgewertet. Dazu erfolgt zuerst eine Übertragung der damit verbundenen Auswirkungen auf die Motordrehzahl und die Erstellung einer Häufigkeitsmatrix für die einzelnen Motordrehzahlen in den entsprechenden Gangstufen. Durch die Multiplikation mit den Zeitanteilen kann der jeweils spezifische Verbrauch der dabei betrachteten Drehmoment-/Drehzahlbereiche ermittelt werden und damit der Kraftstoffverbrauch einer zu betrachtenden Gangstufe. Wird ersichtlich, daß die Geschwindigkeitsbereiche, welche durch hohen Kraftstoffverbrauch charakterisiert sind, einer anderen Gangstufe zugeordnet werden sollten, wird eine Empfehlung zur Änderung der Achsübersetzung gegeben und in einer Weiterentwicklung bereits vorgeschlagen.

[0009] Die Betriebsdatenerfassung erfolgt vorzugsweise über die der Getriebebaueinheit zugeordnete Steuervorrichtung. Denkbar ist jedoch auch eine Erfassung in einer, der Steuervorrichtung der Getriebebaueinheit übergeordneten Steuervorrichtung und der Kommunikation der beiden Steuervorrichtungen über eine elektrische Kopplung oder ein Datenkommunikationsnetzwerk, beispielsweise Can-Bus. Bei dem das Schaltverfahren beschreibenden Schaltprogramm kann es sich dabei um ein

a) Schaltprogramm mit festen Umschaltpunkten

oder vorzugsweise

b) Schaltprogramm mit variablen Schaltpunkten, das heißt ein beschleunigungsabhängiges Schaltprogramm

handeln.

[0010] Die beschleunigungsabhängigen Schaltprogramme können des weiteren hinsichtlich der gewünschten Anforderungen an das Fahrzeug leistungsorientiert oder verbrauchsoptimiert gestaltet werden. Das Grundprinzip der beschleunigungsabhängigen Schaltung besteht darin, daß je nach Erfordernis beziehungsweise Fahrwiderstand sowie als Funktion der tatsächlichen Beschleunigung bei kleineren oder größeren Antriebsbeziehungsweise Motordrehzahlen geschaltet wird, je nachdem ob niedriger Kraftstoffverbrauch oder eine ausreichende Beschleunigung zu bevorzugen ist. Für den Schaltvorgang selbst ist die Beschleunigung des Fahrzeuges beziehungsweise dessen Verzögerung maßgebend. Dabei werden immer die zwei folgenden Grenzfahrzustände beziehungsweise Beschleunigungen berücksichtigt:

1. geringe Fahrzeugbelegung in ebenem oder abschüssigem Gelände = hohe Fahrzeugbeschleunigung, und
2. hohe Fahrzeugbelegung bei ansteigendem Gelände = geringe Fahrzeugbeschleunigung.

[0011] Dabei ergibt sich im erstgenannten Fall eine hohe Fahrzeugbeschleunigung bei niedrigen Antriebsdrehzahlen. Eine Hochschaltung der Gänge kann daher bereits vorzeitig bei relativ niedriger Motordrehzahl erfolgen, was zu einer Senkung des Kraftstoffverbrauches führt. Aus dem gleichen Grund erfolgt auch die Rückschaltung der Gänge bei kleinerer Verzögerung mit niedriger Motordrehzahl. Im zweiten Fall ist eine größere Antriebsleistung erforderlich, weshalb die Hochschaltung erst bei relativ großen Motordrehzahlen erfolgt. In Abhängigkeit von der gemessenen Fahrzeugbeschleunigung beziehungsweise Verzögerung erfolgt die Hoch- oder Rückschaltung der Gänge jeweils zwischen diesen beiden Fahrzuständen gleitend, das heißt in einem sogenannten Schalt-Drehzahlbereich. Der Schalt-Drehzahlbereich selbst ist außerdem von der Laststufe abhängig. Bei größerer Last wird demzufolge auch bei höherer Drehzahl geschaltet. Der sich daraus ergebende Beschleunigungs-/Abtriebsdrehzahl-Kennlinienverlauf weist im Beschleunigungs-/Abtriebsdrehzahl-Diagramm einen gestuften Verlauf auf. Dieser gestufte Verlauf wird dabei durch die beiden Grenzzustände geringer Fahrzeugbelegung in ebenem oder abschüssigem Gelände und hohe Fahrzeugbelegung bei ansteigendem Gelände gebildet.

[0012] Zur Berücksichtigung der Schaltdrehzahlen bei Schaltverfahren mit variablen Schaltpunkten wird eine Mittelwertbildung aus den einzelnen erfaßten Schaltdrehzahlen vorgenommen.

[0013] Die Empfehlung zur Änderung der Achsübersetzung kann

- a) extern nach Auslesen der entsprechenden Betriebsdaten und Auswertung durch das Service-Personal oder andere berechnete Personen erfolgen oder
- b) automatisch in der Steuervorrichtung der Getriebebaueinheit oder einer dieser übergeordneten Steuervorrichtung während des Betriebes erfolgen, wobei diese ausgelesen werden müßte.

[0014] In beiden Fällen kann das Auslesen automatisch durch Übermittlung beispielsweise via Funk an einen Leitrechner zur weiteren Bearbeitung oder aber manuell oder auf Wunsch oder nach Ablauf bestimmter Zeitintervalle erfolgen.

[0015] Im wesentlichen können beide Anwendungsfälle gleichberechtigt betrachtet werden. Vorzugsweise wird der erstgenannte Fall zum Einsatz gelangen, da die Differenzzeiträume in der Regel sehr groß gewählt werden, so daß diese auch mit den in der Regel erforderlichen Überwachungen und Kundendienst-Inanspruchnahmen übereinstimmen.

[0016] Als Betriebsdaten werden im wesentlichen die nachfolgend genannten fortlaufend oder z.T. in bestimmten Zeitintervallen ermittelt:

- Betätigung der einzelnen Schaltelemente in den einzelnen Gangstufen
- Erfassung der Zeiten der Betätigung der Schaltelemente und Verweildauer in der jeweiligen Gangstufe gegebenenfalls falls durch die Fahrzeugkonfiguration bekannt
- Vorliegen der Ist-Achsübersetzung
- gewähltes Schaltprogramm
- Erfassung der Schaltpunkte, im einzelnen der Schaltdrehzahlen
- Ermittlung der einzelnen Drehzahlen der Antriebsmaschine und/oder des Abtriebes
- Ermittlung des Kollektives der Lastgeberstufen der Antriebsmaschine.

[0017] Wesentlich und damit zwingend erforderlich ist jedoch die Ermittlung der Betriebsdaten zur Beschreibung der Zeitanteile in den Gangstufen, des Kollektives der Lastgeberstufen der Antriebsmaschine und der Drehzahlen beziehungsweise Drehzahlbereichen des Einlegens der Wandlerbremse beziehungsweise des Retarders. Die direkte Erfassung bedeutet, daß mittels geeigneter Erfassungsmitteln die entsprechenden Betriebsdaten erfaßt und zur Steuervorrichtung weitergeleitet werden. Indirekte Erfassung bedeutet, daß die, die genannten Betriebsdaten wenigstens mittelbar charakterisierenden Größen erfaßt werden und aus diesen die Betriebsdaten abgeleitet, beispielsweise rechnerisch ermittelt werden.

[0018] Weitere Größen, die zur Beurteilung erforder-

lich sind und die nicht als Betriebsdaten gespeichert werden, sondern bereits über die Fahrzeugkonfiguration bekannt sind, sind:

- 5 - die aktuelle Achsübersetzung  $i_{\text{Achs}}$
- ggf. das gewählte beziehungsweise vorgegebene ist - Schaltprogramm  $S_v$ , welches als Standard-schaltprogramm im Antriebsstrang vorsehen sein kann und
- 10 - die eine Gangstufe wenigstens mittelbar charakterisierenden Größen

[0019] In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden zur Zuordnung der Zeitanteile in den Gangstufen zu Bereichen der Geschwindigkeiten bei nicht detaillierter Erfassung aller dafür erforderlichen Betriebsdaten die Zeitanteile für die eingelegten Lastgeberstufen, die Ist-Achsübersetzung und das gewählte Schaltprogramm sowie die Schaltpunkte beziehungsweise die diese charakterisierenden Größen ermittelt. Die Aufspaltung der Zeitanteile in den oberen Gängen erfolgt dabei in Geschwindigkeitsklassen einer bestimmten Klassenbreite, welche vordefiniert oder bestimmt sein kann. Beispielsweise wird eine Klassenbreite von 5 bis 10 km pro Stunde gewählt. Als Hilfsmittel werden dabei die Zeitanteile des Einlegens der Wandlerbremseinrichtung über der Abtriebsdrehzahl erfaßt. In einem weiteren Schritt werden die restlichen Zeitanteile in den jeweiligen Gangstufen auf Basis einer aus der mittleren Geschwindigkeit resultierenden Geschwindigkeitsverteilung aufgesplittet. Dazu erforderlich ist die Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit, woraus die Bestimmungen des Verteilungsparameters der Geschwindigkeitsverteilung ableitbar sind.

[0020] Die erfindungsgemäße Lösung dient der Auswahl des geeigneten Schaltprogrammes für einen konkreten Einsatzfall. Bezüglich der konkreten Ausgestaltung der Schaltprogramme, insbesondere beschleunigungsabhängig oder beschleunigungsabhängig leistungsorientiert oder beschleunigungsabhängig verbrauchsorientiert bestehen keine Beschränkungen. Die konkrete Auswahl erfolgt jeweils gemäß den Erfordernissen des Einsatzfalles.

[0021] Die erfindungsgemäße Lösung wird nachfolgend anhand von Figuren erläutert. Darin ist im einzelnen folgendes dargestellt:

Fig. 1a und      verdeutlichen anhand eines Blockschaltbildes und eines

Fig. 1b      Flußdiagrammes das Grundprinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 2      verdeutlicht in schematisch vereinfachter Darstellung anhand eines Blockschaltbildes eine Möglichkeit der externen, d.h. außerhalb des Fahrzeuges erfolgenden Durchführung des erfin-

dungsgemäßen Verfahrens;

Figur 3

verdeutlicht anhand eines Flußdiagrammes konkret ein Verfahren zur Auswertung der Betriebsdaten.

[0022] Die Figuren 1a und 1b verdeutlichen in schematisch vereinfachter Darstellung anhand eines Blockschaltbildes und eines Flußdiagrammes das Grundprinzip des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Optimierung eines Antriebsstranges für Fahrzeuge. Gemäß Figur 1a umfaßt der Antriebsstrang 1 mindestens eine Antriebsmaschine 2, welche beispielsweise als Verbrennungskraftmaschine 3 ausgeführt ist, eine Getriebebaueinheit 4 und eine Achsgetriebebaueinheit 5, welche in Kraftflußrichtung von der Antriebsmaschine 2 zur Getriebebaueinheit 4 dieser nachgeschaltet ist und das an der Getriebeausgangswelle anliegende Drehmoment bzw. die dort abnehmbare Drehzahl entsprechend der Übersetzung wandelt. Der Getriebebaueinheit 4 ist eine Steuervorrichtung 6, umfassend eine Steuereinrichtung zugeordnet. Die Steuervorrichtung 6 kann dabei, hier nicht dargestellt, entweder als autarke, nur der Getriebebaueinheit 4 zugeordnete Steuervorrichtung oder Bestandteil einer neben- oder übergeordneten Steuervorrichtung, beispielsweise der Fahrsteuerung sein, oder mit einer neben- oder übergeordneten Fahrsteuerung gekoppelt oder über ein Datenkommunikationsnetzwerk mit anderen Antriebskomponenten beziehungsweise den diesen zugeordneten Steuervorrichtungen verbunden werden. Die Ausführung der Steuervorrichtung und Zuordnung beziehungsweise Einordnung hinsichtlich der Priorität gegenüber anderen Steuervorrichtungen hängt dabei konkret vom Einsatzfall ab.

[0023] Über die Steuervorrichtung 6 erfolgt die Ansteuerung der Betätigungseinrichtungen einzelner Schaltelemente der Getriebebaueinheit 4 zur Realisierung des Wechsels von einer, die Betriebsweise der Getriebebaueinheit 4 charakterisierenden Ausgangsgangstufe in eine Zielgangstufe entsprechend den Erfordernissen des Anwendungsfalles. Die einzelnen Gangstufen bestimmen dabei die Ausnutzung bestimmter Drehzahlbereiche der Antriebsmaschine bezogen auf den Gesamtarbeitsbereich der Antriebsmaschine. Die Ansteuerung erfolgt dabei im allgemeinen mittels vorgegebener Schaltprogramme, welche ein Verfahren zur Steuerung der einzelnen Getriebeelemente der Getriebebaueinheit 4 hinsichtlich bestimmter Zielkriterien und unter Berücksichtigung der vorliegenden Randbedingungen beschreiben. Der Begriff Schaltprogramm ist dabei derart zu verstehen, daß bei Erfassung der den aktuellen Betriebszustand des Fahrzeuges wenigstens mittelbar charakterisierenden Größen und des Fahrerwunsches in Abhängigkeit dessen die Umschaltpunkte vordefiniert oder berechenbar sind. Jedes Schaltprogramm ist dabei durch sogenannte Schaltkennlinien beschreibbar, welche den Übergang zwischen zwei aufeinanderfolgenden Gangstufen - einer Ausgangsgang-

stufe und einer Zielgangstufe - bestimmen. Dabei können die Umschaltpunkte zwischen den einzelnen Gangstufen, d.h. die Schaltdrehzahlen, fest vorgegeben oder vorzugsweise frei einstellbar sein, beispielsweise entsprechend des Einsatzfalles. Die Steuereinrichtung weist dazu mindestens einen Eingang 8 auf, über welchen die dem Betriebszustand des Fahrzeuges wenigstens mittelbar charakterisierenden Größen der Steuervorrichtung 6 zuführbar sind. Dabei kann bei serieller Datenübertragung bereits ein Eingang 8 ausreichend sein, während bei paralleler Datenübertragung entsprechend der Anzahl der zur Auswertung des Ist-Zustandes der Betriebsweise des Antriebsstranges 1 eine bestimmte Anzahl an Eingängen 8.1-8.n vorzusehen wäre. Entsprechend den Ist-Werten und einem bestimmten Fahrerwunsch nach Beschleunigung oder Verzögerung beziehungsweise einem bestimmten Fahrverhalten, welcher entweder ebenfalls am Eingang 8 bei serieller Datenübertragung oder als Signal an einem weiteren Eingang 8.n der Steuereinrichtung 7 zuführbar ist, erfolgt die Ansteuerung der einzelnen Elemente der Getriebebaueinheit 4 entsprechend eines bestimmten Schaltprogrammes. Dieses ist vorzugsweise in einer Auswerteinrichtung 9 der Steuereinrichtung 6 hinterlegt. In der Auswerteinrichtung 9 werden dabei die Eingangsgrößen, insbesondere die an den Eingängen 8.1-8.n anliegenden, den aktuellen Ist-Zustand der Betriebsweise des Fahrzeuges wenigstens mittelbar beschreibenden Größen und die den Fahrerwunsch nach einem bestimmten Fahrverhalten wenigstens mittelbar beschreibenden Größen ausgewertet und entsprechend des aktuell gewählten Schaltprogrammes die einzelnen Elemente der Getriebebaueinheit 4 durch Ausgabe der entsprechenden Stellgrößen am Ausgang 10 beziehungsweise einer Mehrzahl von Ausgängen 10.1 bis 10.n angesteuert.

[0024] Erfindungsgemäß wird dabei die Betriebsweise der Getriebebaueinheit 4 und damit die Ausnutzung der einzelnen Gangstufen GS über den Gesamt-Betriebsbereich der Antriebsmaschine 2 über einen Referenz-Zeitraum  $t_{\text{referenz}}$  und/oder eine Referenz-Gesamtstrecke  $s_{\text{referenz}}$  an gefahrenen Kilometern ermittelt. Als Referenzzeit  $t_{\text{referenz}}$  kann dabei eine bestimmte Gesamtbetriebsdauer des Fahrzeuges angesehen werden, welche beispielsweise einem Nutzungsintervall entspricht, das den Zeitraum zwischen zwei Durchsichten bzw. Kundendienstchecks beschreibt, während als Referenzstrecke  $s_{\text{referenz}}$  eine bestimmte vordefinierbare Nutzungs-Gesamtstrecke bezeichnet wird.

[0025] Die Figur 1b verdeutlicht anhand eines Flußdiagrammes die Vorgehensweise bezüglich der Optimierung des Antriebsmaschinen-Getriebemanagements. Dieses umfaßt im ersten Schritt die Betriebsdatenerfassung. Zu diesen Betriebsdaten gehören dabei die einzelnen Lastgeberstufen, die sich mit den Schaltprogrammen ergebenden Schaltdrehzahlen, wobei letztere auch ermittelt werden können, sowie die eine Gangstufe wenigstens mittelbar charakterisierenden



Größen und die die Verweildauer in einer Gangstufe wenigstens mittelbar charakterisierenden Größen. Die aktuelle Ist-Achsübersetzung  $i_{Achs}$  ist dabei aufgrund der Fahrzeugkonfiguration bekannt und entweder in der Steuervorrichtung der Getriebebaueinheit oder einer dieser übergeordneten Steuervorrichtung gespeichert. Vorzugsweise werden die die Gangstufe unmittelbar charakterisierenden Größen, beispielsweise die Betätigung der Schaltelemente oder die Schaltdrehzahlen, und die die Verweildauer in einer Gangstufe unmittelbar charakterisierende Größe in Form der Zeit  $t$  erfaßt. Dabei wird in einem ersten Schritt der Zeitanteil  $A_{tg}$  einer Gangstufe im Bezug auf die Gesamtbetriebsdauer  $t_{referenz}$  beziehungsweise die Gesamt-Nutzungsstrecke  $s_{referenz}$  ermittelt. Für die weitere Auswertung werden die Lastgeberstellungen LG in den Zeitanteilen  $A_{tg}$  erfaßt. Bereits hier ist eine Grundbeurteilung über die Eignung des vorliegenden Antriebsstranges und damit der Achsübersetzung möglich. Jedoch besteht keine Möglichkeit der Ableitung einer Vorgehensweise. Daher werden in einem weiteren zweiten Verfahrensschritt die Zeitanteile der Gangstufen  $A_{tg}$  aufgesplittet, indem diese Geschwindigkeitsbereichen  $B_v$  zugeordnet werden. Aus dieser Zuordnung wird ein Geschwindigkeitskollektiv KG in Abhängigkeit der Häufigkeit der Geschwindigkeitsbereiche gebildet, welches eine Aussage über den Anteil des Zeitanteiles erlaubt, der durch das Betreiben des Fahrzeuges mit einer bestimmten Geschwindigkeit bei Fahrt mit einem bestimmten Gang beschreibbar ist. Des weiteren kann zusätzlich aus den ermittelten Betriebsdaten auf den Hauptanwendungsfall für den Referenzzeitraum  $t_{referenz}$  und/oder die Referenzstrecke  $s_{referenz}$  geschlossen werden. Im Zusammenhang der ermittelten Betriebsdaten, insbesondere der Geschwindigkeitsverteilung in den Gangstufen GS und des Anwendungsfalles über den Referenzzeitraum  $t_{referenz}$  oder die Referenzstrecke  $s_{referenz}$  wird eine Auswertung bezüglich des im Referenzzeitraum angefallenen Kraftstoffverbrauches und des Fehlverhaltens insbesondere für einen Hauptanwendungsfall vorgenommen. Dieses kann beispielsweise wie folgt definiert werden:

1. Fahren mit geringer Geschwindigkeit und/oder häufigem Stop- and Go-Verkehr unter hauptsächlichster Ausnutzung der unteren Gangstufen = Betriebszyklus "Stadtverkehr".
2. Fahren mit höherer Geschwindigkeit unter hauptsächlichster Ausnutzung der höheren Gangstufen = Betriebszyklus "Überlandverkehr"
3. Misch-Betrieb - im wesentlichen gleichmäßige Ausnutzung beider Anwendungsbereiche.

[0026] Der erste Betriebszyklus charakterisiert dabei im wesentlichen das Fahren in der Stadt und die damit verbundenen Anforderungen, während der zweite Betriebszyklus im wesentlichen das Verhalten bei Über-

landfahrten beschreibt. Der dritte Betriebszyklus bildet dabei eine Mischform aus den beiden vorgenannten, wobei in diesem Fall keine eindeutige Zuordnung hinsichtlich der Gewichtung der Nutzung der einzelnen Gangstufen zu einem der vorgenannten Betriebszyklen erfolgt.

[0027] Die ermittelten Ist-Werte werden dann in der Auswerteinrichtung 9 ausgewertet und dementsprechend eine Auswertung des Geschwindigkeitskollektivs im Hinblick auf den Kraftstoffverbrauch getroffen. Ergibt die Auswertung, daß das mit der im Antriebsstrang vorliegenden Achsübersetzung keine optimalen Verbrauchswerte für den Anwendungsbereich erzielt werden können, wird eine Empfehlung zur Vornahme einer Änderung der Achsübersetzung gegeben. Dies bedeutet im einzelnen, daß mit einer anderen Achsübersetzung eine optimalere Geschwindigkeitsverteilung in den einzelnen Gangstufen einzustellen wäre, wobei die Auswahl der entsprechenden geeigneteren Achsübersetzung in der Regel vorzugsweise auch durch Simulationsberechnungen erfolgen kann. Dabei werden für die zur Verfügung stehenden theoretisch möglichen Achsübersetzungen, welche bereits in der Steuervorrichtung 6 der Getriebebaueinheit 4 hinterlegt sein können, oder aber beispielsweise beim Hersteller oder Kundendienst verfügbar sind, für die im aktuellen Referenzzeitraum  $t_{referenz}$  ermittelten Daten einer Simulation der Betriebsweise unterzogen und die sich daraus ergebenden Zeitanteile und Geschwindigkeitskollektive gebildet und ausgewertet. Entsprechend des Ergebnisses wird eine Änderung der Achsübersetzung angestrebt. Die Simulation erfolgt dabei für eine bestimmte theoretisch mögliche Achsübersetzung  $i_{Achs-n}$ . Entsprechend des Simulationsergebnisses wird dann eine Empfehlung für die theoretisch mögliche Achsübersetzung  $i_{Achs-n}$  gegeben oder aber eine weitere Simulation mit einer theoretisch möglichen Achsübersetzung  $i_{Achs-n+1}$  durchgeführt. Die Betriebsdatenerfassung erfolgt dabei am Fahrzeug. Die Auswertung kann dabei wie in Figur 1a verdeutlicht vollständig oder wenigstens teilweise in der Steuervorrichtung 6 des Fahrzeuges vorgenommen werden. Dazu umfaßt die Steuereinrichtung 7 entsprechende Erfassungs- Bildungs- und Auswerteinrichtungen. Diese sind hier mit 11.1-11.n bezeichnet. Desweiteren ist in diesem Fall eine Simulationseinrichtung 12 erforderlich. Die Auswertung erfolgt automatisch. Möglich ist auch eine Auswertung manuell anhand einer Entscheidungsmatrix.

[0028] Eine weitere Möglichkeit ist in Figur 2 dargestellt. Hierbei erfolgt lediglich das Auslesen der Betriebsdaten aus der Steuereinrichtung 7 der Getriebebaueinheit. Die zur Auswertung erforderlichen Verfahrensschritte erfolgen extern, beispielsweise im Rahmen eines Kundendienstservices außerhalb des Fahrzeuges. Dazu ist eine entsprechende Erfassungs- und Auswertvorrichtung 13 vorgesehen. Diese umfaßt eine Erfassungs- und Auswerteinrichtung 18. Die Erfassungs- und Auswerteinrichtung 18 ist zum Auslesen der Be-

triebsdaten zur Auswertung der Nutzung eines bestimmten Schaltverfahrens während eines Referenzzeitraumes  $t_{\text{referenz}}$  für einen Hauptanwendungsbereich mit der Steuervorrichtung 6 der Getriebebaueinheit 4 verbindbar. Über wenigstens einen Eingang 14 werden dabei die Betriebsdaten eingelesen. Die Auswertung erfolgt über entsprechende Berechnungs- Zuordnungs- und Auswerteinheiten 16.1-16.n sowie eine Simulationseinrichtung 17 für den Fall, daß die Auswertung mit den Betriebsdaten bei unbefriedigendem Übertragungsverhalten für ein weiteres Schaltprogramm vorgenommen werden muß. Das Ergebnis wird am Ausgang 15 ausgegeben und enthält eine Empfehlung zur Beibehaltung oder Änderung der Achsübersetzung.

[0029] In einer weiteren, hier nicht dargestellten Ausführung können Auswertvorrichtung 13 und die Auswerteinrichtung 18 im Steuergerät integriert sein, wobei nur die Simulationseinrichtung außerhalb der Steuereinrichtung 7 angeordnet ist, vorzugsweise extern beim Kundendienst oder einer anderen berechtigten Person.

[0030] Vorzugsweise wird bei Zurverfügungstehen entsprechender Speicherkapazität erstere Variante genutzt, wobei bezüglich der Betriebsdatenerfassung eine Vielzahl von Daten über einen erheblich langen Zeitraum zu verwalten sind und entsprechend gepflegt werden müssen. Da jedoch die Beurteilungszeiträume in der Regel sehr lang bemessen werden, genügt eine externe Auswertung über den Kundendienstservice. Dazu werden nicht alle die Verweildauer in den einzelnen Gangstufen wenigstens mittelbar charakterisierenden Größen fortlaufend gespeichert, sondern die Zeitanteile in den jeweiligen Gängen über einen bestimmten Referenzzeitraum oder eine Referenzstrecke ermittelt und die zur Bestimmung der Geschwindigkeitsbereiche erforderlichen Größen. Dieses Verfahren ist im Flußdiagramm gemäß Figur 3 wiedergegeben.

[0031] In einem ersten Schritt werden dabei die Zeitanteile  $A_{tg}$  in den jeweiligen Gangstufen GS ermittelt, das heißt die Zeitdauer der Nutzung der Gangstufen über einen bestimmten Referenzzeitraum  $t_{\text{referenz}}$  und/oder eine Referenzstrecke  $s_{\text{referenz}}$ . Unter einem weiteren Aspekt der Erfindung werden dabei die Zeitanteile  $A_{tg}$  in den Gängen zu Bereichen der Geschwindigkeit  $B_v$  zugeordnet. Dazu ist es erforderlich, zusätzliche Betriebsdaten zu erfassen. Im einzelnen werden dabei in einem Schritt 2.1 die Zeitanteile  $A_{tLG}$  der Lastgeberstufen sowie in einem weiteren Schritt 2.2 ein Mittelwert für die Lastgeberstufen, das heißt der über den Referenzzeitraum beziehungsweise der Referenzstrecke eingestellte Wert der Lastgeberstellung, gebildet, die Achsübersetzung  $i_{\text{Achs}}$  sowie das gewählte Schaltprogramm  $S_v$  und der in einem weiteren Schritt 2.3 aus den dem Schaltprogramm zugeordneten Schaltpunkten gebildete Mittelwert herangezogen werden. Dabei erfolgt in einem weiteren dritten Schritt das Aufsplitten der Zeitanteile  $A_{tg}$  in den oberen Gängen in entsprechende Geschwindigkeitsklassen KG mit einer bestimmten vordefinierten Klassenbreite. Die Klassenbreite entspricht

dabei beispielsweise 5 bis 10 km/h, andere Bereichsuntergliederungen sind ebenfalls denkbar. Dieses Aufsplitten der Zeitanteile erfolgt vorzugsweise mit Hilfe der Betriebsdatenerfassung, insbesondere die Erfassung der Zeitanteile des Einlegens der Wandlerbremse über der Abtriebsdrehzahl, das heißt der Ausgangsdrehzahl  $n$  an der Getriebeausgangswelle. Die Zuordnung der restlichen Zeitanteile in den jeweiligen Gängen, insbesondere in den unteren Gängen erfolgt auf der Basis einer, aus einer mittleren Geschwindigkeit  $v_m$  resultierenden Geschwindigkeitsverteilung. Die Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit  $v_m$  erfolgt dabei ebenfalls über den gesamten Referenzzeitraum  $t_{\text{referenz}}$  beziehungsweise die gesamte Referenzstrecke  $s_{\text{referenz}}$ . Aus dieser wird die Bestimmung des Verteilungsparameters der Geschwindigkeitsverteilung und damit das Geschwindigkeitskollektiv abgeleitet. Diese Geschwindigkeitsverteilung wird dabei als Charakteristikum für den Anwendungsfall angesehen. In einem weiteren fünften Schritt wird dann das Geschwindigkeitskollektiv im Hinblick auf den Kraftstoffverbrauch bewertet. Dies kann beispielsweise durch Übertragung auf die Motordrehzahl oder die Aufteilung anhand der Häufigkeit der Lastgeberstufen in Form einer Häufigkeitsmatrix über der Drehzahl und dem Drehmoment erfolgen. Entsprechend des Ergebnisses wird dann eine Empfehlung über die Eignung der momentan genutzten Achsübersetzung gegeben. D.h. es ist erkennbar, ob die gewählte Achsübersetzung für den aktuellen Hauptanwendungsfall geeignet ist oder nicht. Dem entsprechend erfolgt eine Anpassung durch Auswahl einer geeigneteren Übersetzung.

[0032] Die erfindungsgemäße Lösung ist nicht auf die Ausführung gemäß der Figuren 1 und 2 beziehungsweise die Betriebsdatenerfassung und Auswertung gemäß Figur 3 beschränkt. Denkbar ist auch eine fortlaufende Betriebsdatenerfassung und Speicherung in der Getriebebaueinheit. Die Auswertung und Auswahl des Schaltprogrammes kann dabei selbstlernend über die Steuervorrichtung erfolgen. Denkbar sind jedoch auch Anpassungen, die über das Service-Personal durch Auslesen der Daten vorgenommen werden. Dies hängt im einzelnen von der konkreten Ausgestaltung der Steuervorrichtung ab.

#### Bezugszeichenliste

#### [0033]

1	Antriebsstrang
2	Antriebsmaschine
3	Verbrennungskraftmaschine
4	Getriebebaueinheit
5	Achsgetriebebaueinheit
6	Steuervorrichtung
7	Steuereinrichtung
8, 8.1-8.n	Eingang
9	Auswerteinrichtung

10	Ausgang				schlechten Fahrdynamik eine Empfehlung zur Änderung der Übersetzung der Achsgetriebeeinheit gegeben wird.
10.1-10.n	Ausgang				
11.1-11.n	Erfassungs- Bildungs- und Auswerteinrichtungen				
12	Simulationseinrichtung	5	2.	Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung der Zeitanteile der Nutzung der einzelnen Gangstufen wenigstens eine, die eingelegte Gangstufe wenigstens mittelbar charakterisierende Größe und eine die Zeitdauer der Einlegung einer Gangstufe wenigstens mittelbar beschreibende Größe erfaßt werden.	
13	Erfassungs- und Auswertvorrichtung				
14	Eingang				
15	Ausgang				
16	Berechnungs- Zuordnungs- und Auswerteinheiten	10			
17	Simulationseinrichtung				
18	Erfassungs- und Auswerteinrichtung				
t <sub>referenz</sub>	Referenzzeit		3.	Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuordnung der Zeitanteile in den Gangstufen zu Geschwindigkeitsbereichen durch nachfolgend genannte Verfahrensschritte charakterisierbar ist:	
s <sub>referenz</sub>	Referenzstrecke				
A <sub>tg</sub>	Zeitanteil einer Gangstufe	15			
B <sub>v</sub>	Geschwindigkeitsbereiche				
KG	Geschwindigkeitskollektiv				
KV	Kraftstoffverbrauch				
S <sub>Vstandard</sub>	Standardschaltprogramm				
LG	Lastgeberstufen	20		3.1 Festlegung der Geschwindigkeitsgrenzen für jede Gangstufe anhand des tatsächlich genutzten Schaltverfahrens; 3.2 Ermittlung der Schaltdrehzahlen der Antriebsmaschine anhand eines Lastgeberkollektives.	

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung der Auslegung eines Antriebsstranges für Fahrzeuge, umfassend eine Antriebsmaschine, eine mit dieser koppelbare Getriebebaueinheit zur Realisierung wenigstens zweier unterschiedlicher Gangstufen und ein zwischen Getriebebaueinheit und den anzutreibenden Rädern angeordnetes Achsgetriebe, wobei die Ansteuerung der Schaltelemente der Getriebebaueinheit zum Wechsel zwischen zwei Gangstufen unter Ausnutzung eines Schaltverfahrens zur Realisierung einer definierten Schaltkennlinie oder eines Schaltkennfeldes erfolgt, insbesondere für einen überwiegend genutzten Betriebszyklus, bei welchem für die Schaltvorgänge nach einem bestimmten Schaltverfahren
  - 1.1 der Zeitanteil der Nutzung einer jeden Gangstufe über einen Referenzzeitraum oder eine Referenzstrecke für ein Schaltverfahren ermittelt wird;
  - 1.2 die Lastgeberstufen in den Zeitanteilen ermittelt werden;
  - 1.3 die Zeitanteile in den Gangstufen Geschwindigkeitsbereichen zugeordnet werden und aus der Zuordnung ein Geschwindigkeitskollektiv für jede Gangstufe in Abhängigkeit der Häufigkeit der Geschwindigkeitsbereiche erstellt wird;
  - 1.4 das Geschwindigkeitskollektiv hinsichtlich des erfolgten Kraftstoffverbrauches unter Berücksichtigung der Lastgeberstufen ausgewertet wird und
  - 1.5 bei einem für den Betriebszyklus ungünstigen Kraftstoffverbrauch und/oder einer
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Vorliegen eines Schaltverfahrens mit variablen Schaltdrehzahlen jeweils ein Mittelwert für die Schaltdrehzahlen zum Wechsel zwischen zwei Gangstufen gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Wechsel zwischen den Gangstufen beschleunigungsabhängig erfolgt und Zeitanteile für die Lastgeberstufen, ein Mittelwert für die Lastgeberstufen und Achsübersetzung ermittelt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erstellung des Geschwindigkeitskollektives die Zeitanteile in den oberen Gangstufen in Geschwindigkeitsklassen einer bestimmten Klassenbreite unterteilt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erstellung des Geschwindigkeitskollektives die Zeitanteile in den oberen Gangstufen in Geschwindigkeitsklassen aus dem Bremsdatenkollektiv bestimmt werden.
6. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufsplittung der restlichen Zeitanteile in den jeweiligen Gängen auf der Basis einer sich aus der mittleren Geschwindigkeit ergebenden Geschwindigkeitsverteilung vorgenommen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswertung des Geschwindigkeitskollektives im Hinblick auf den Kraftstoffver-

brauch aus dem Geschwindigkeitskollektiv die jeden einzelnen Geschwindigkeitsbereich einer Gangstufe charakterisierenden Antriebsdrehzahlbereiche und deren Häufigkeitsverteilung unter Berücksichtigung der Lastgeberstufen ermittelt werden und die sich daraus ergebenden Zeitanteile mit dem jeweils spezifischen Verbrauch der einzelnen Drehzahl-/Drehmomentbereiche multipliziert werden.

5

10

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Betriebsdaten von der Steuervorrichtung der Getriebebaueinheit oder einer dieser übergeordneten Steuervorrichtung erfaßt werden.

15

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Betriebsdaten in der Steuervorrichtung der Getriebebaueinheit verarbeitet und ausgewertet werden.

20

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Empfehlung während des Fahrbetriebes gegeben wird.

25

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die bei einem Schaltprogramm für einen Referenzzeitraum und einen bestimmten Anwendungsfall sich ergebenden Betriebsdaten in der Steuervorrichtung der Getriebebaueinheit oder einer anderen Steuervorrichtung im Fahrzeug gespeichert werden und zu einem späteren Zeitpunkt extern auslesbar sind, wobei eine Auswertung extern vorgenommen wird.

35

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß aufgrund einer Empfehlung zur Änderung wenigstens eine Simulation mit den Betriebsdaten für eine andere theoretisch wählbare Achsübersetzung erfolgt und die Ergebnisse der Simulation mit den tatsächlich erfaßten Daten verglichen werden und die Lösung mit dem optimalsten Ergebnis vorgeschlagen wird.

40

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzzeit oder Referenzstrecke frei wählbar sind.

45

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzzeit oder Referenzstrecke fest vorgegeben sind.

50

55

Fig.1a

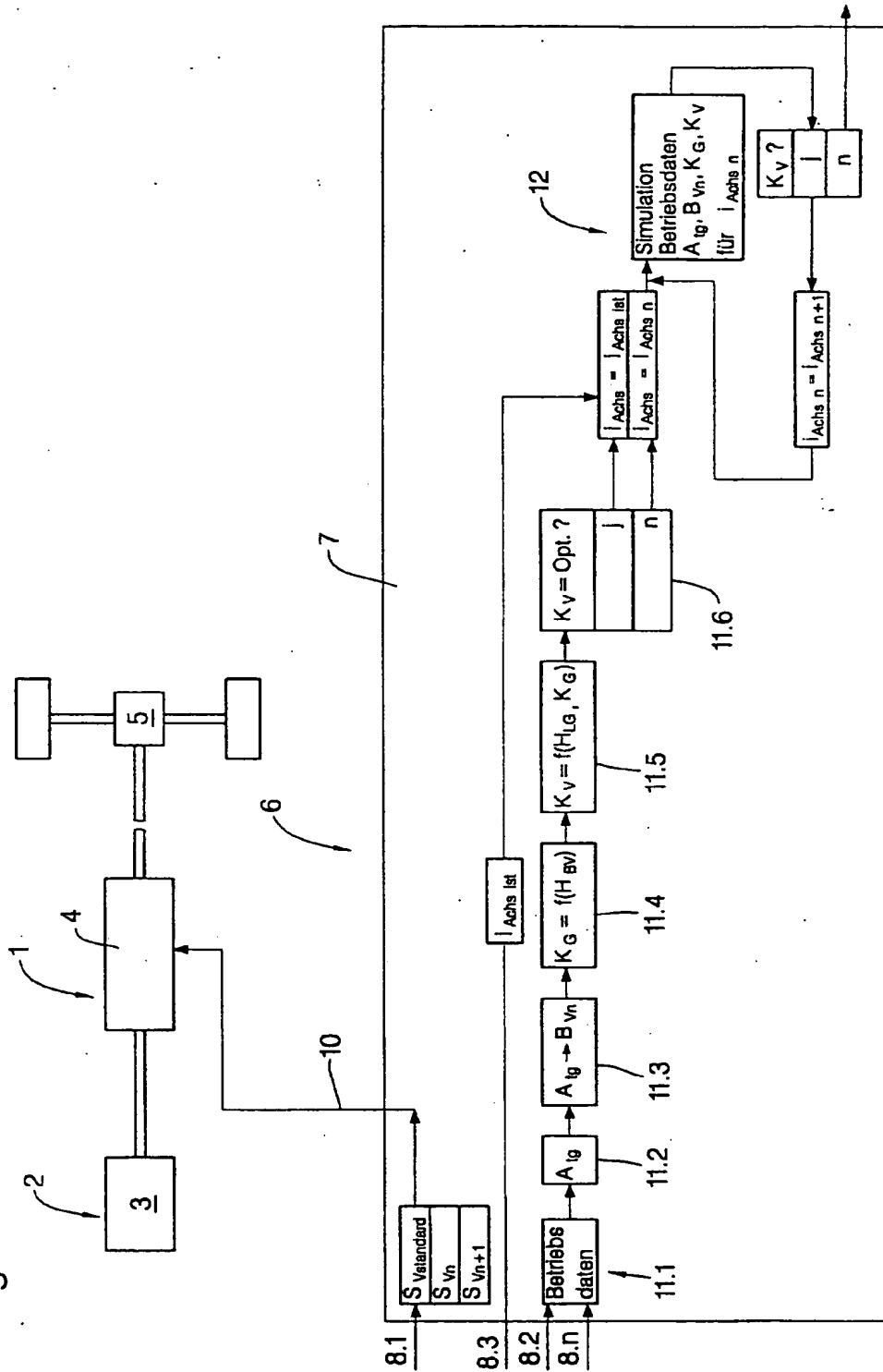
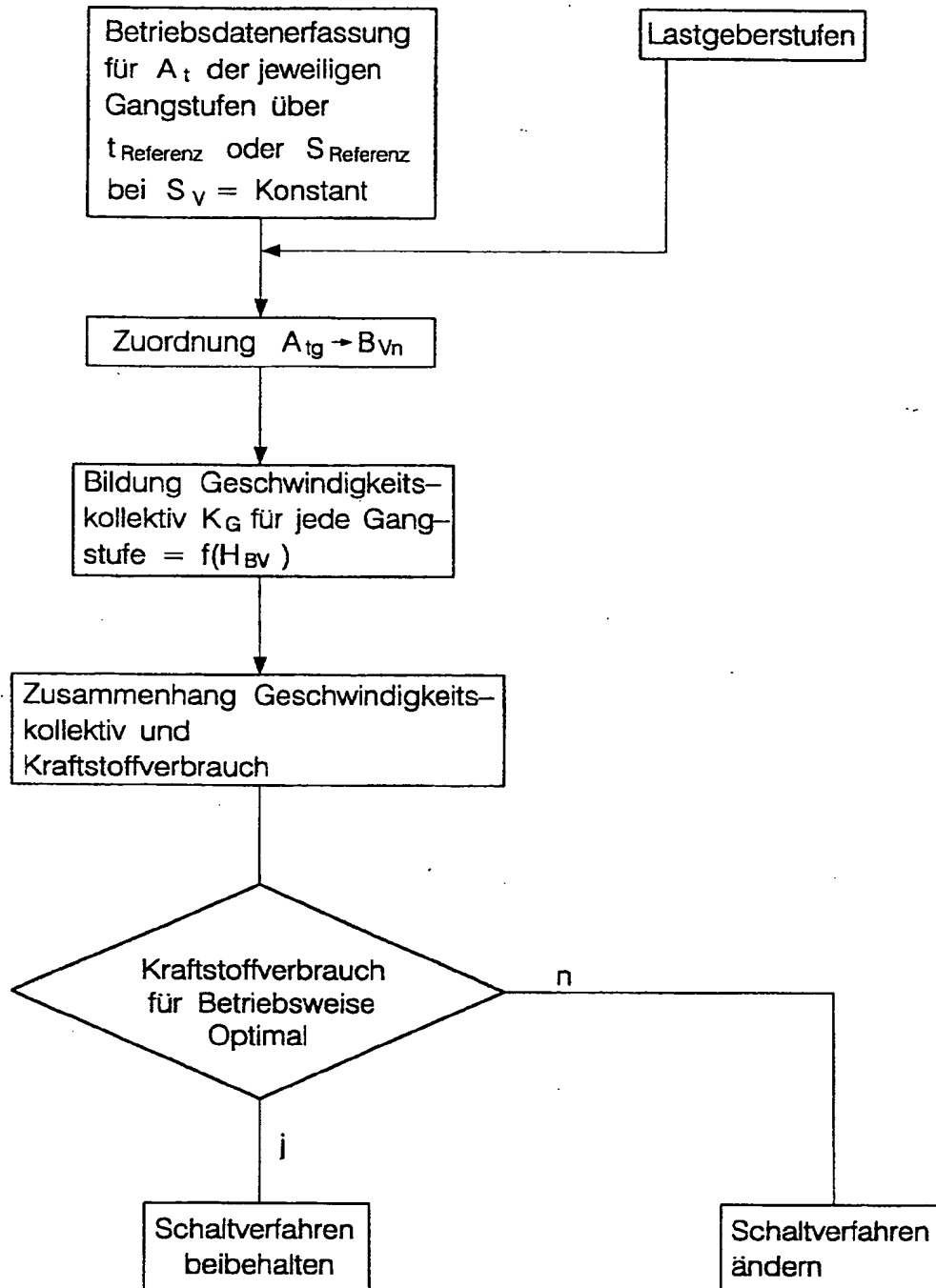


Fig.1b



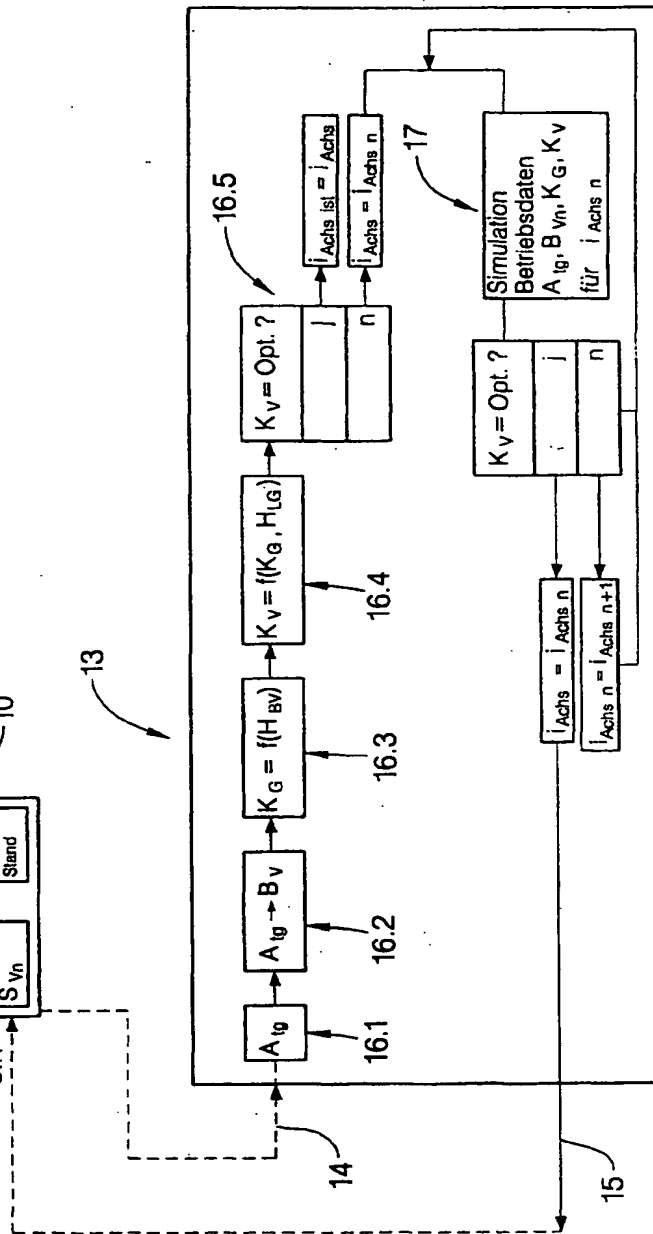
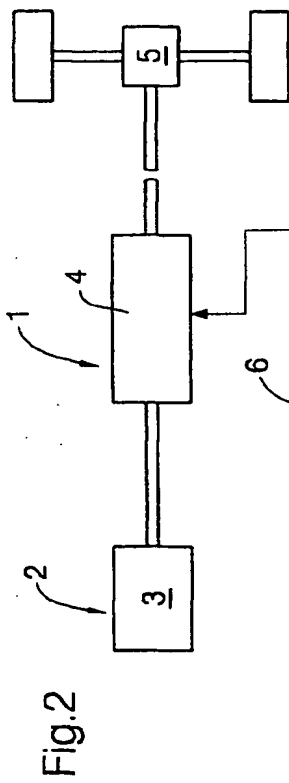
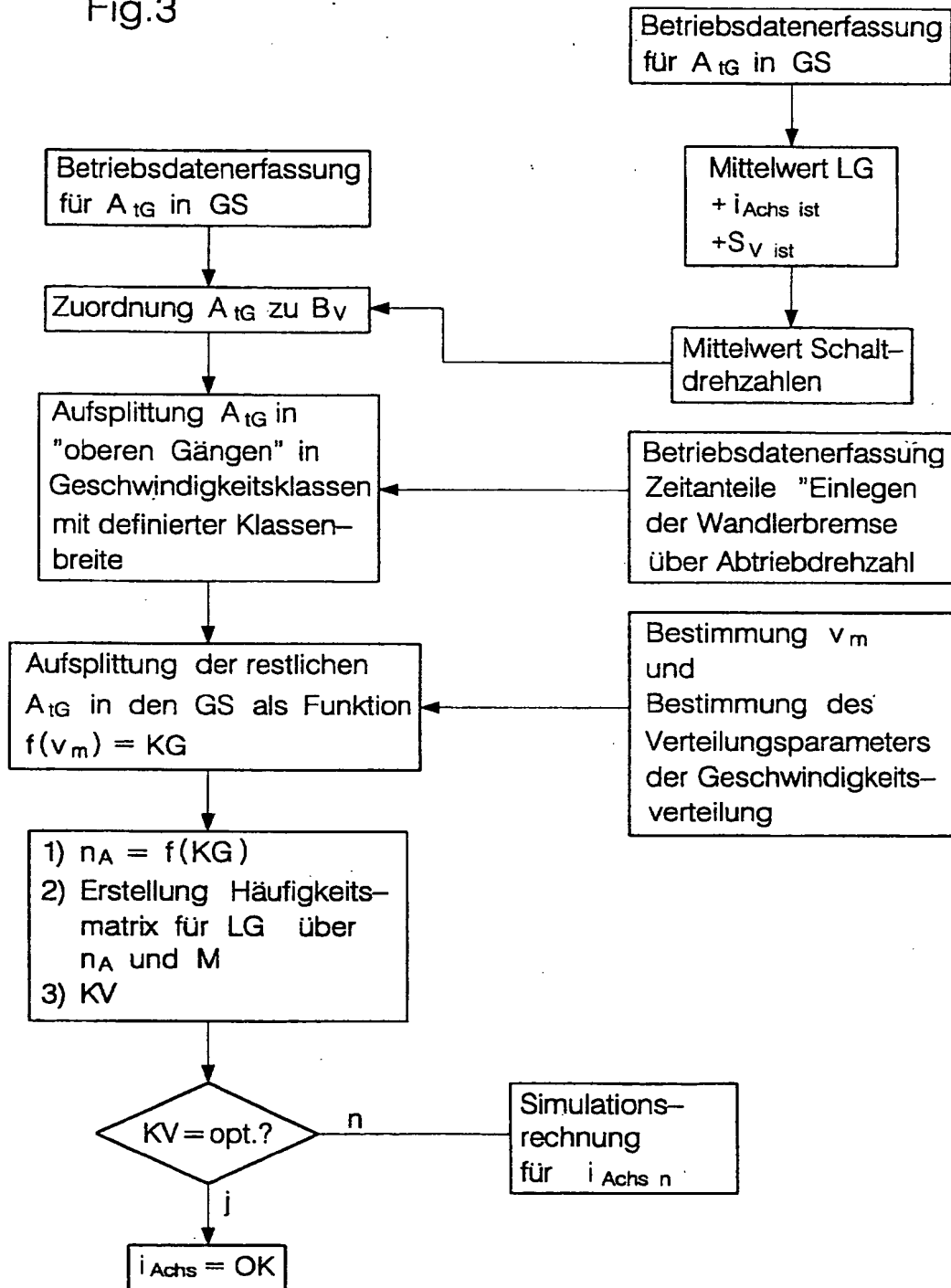


Fig.3





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☒ OTHER: Small text

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)